



**HAL**  
open science

## Imagerie 3D et analyse phylogénétique : l'exemple de l'oreille interne de Tabun C1 et Kebara 1 au Levant sud

Dany Coutinho-Nogueira, Anne-Marie Tillier, Frédéric Santos, Hélène Coqueugniot

### ► To cite this version:

Dany Coutinho-Nogueira, Anne-Marie Tillier, Frédéric Santos, Hélène Coqueugniot. Imagerie 3D et analyse phylogénétique : l'exemple de l'oreille interne de Tabun C1 et Kebara 1 au Levant sud. H. Coqueugniot; O. Dutour; J. Jaubert; P. Paillet. Les sciences archéologiques à l'ère du virtuel, Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 2023, 10.4000/books.cths.16788 . hal-04330196

**HAL Id: hal-04330196**

**<https://hal.science/hal-04330196>**

Submitted on 7 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Hélène Coqueugniot, Olivier Dutour, Jacques Jaubert et Patrick Paillet (dir.)

## Les sciences archéologiques à l'ère du virtuel

Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques

---

# Imagerie 3D et analyse phylogénétique : l'exemple de l'oreille interne de Tabun C1 et Kebara 1 au Levant sud

*3D Imaging and Phylogenetic Analysis: the Inner Ear of Tabun C1 and Kebara 1, Southwestern Asia*

Dany Coutinho-Nogueira, Anne-Marie Tillier, Frédéric Santos et Hélène Coqueugniot

---

DOI : 10.4000/books.cths.16788

Éditeur : Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques

Lieu d'édition : Paris

Année d'édition : 2023

Date de mise en ligne : 17 mai 2023

Collection : Actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques

EAN électronique : 9782735509270



<http://books.openedition.org>

### Référence électronique

COUTINHO-NOGUEIRA, Dany ; et al. *Imagerie 3D et analyse phylogénétique : l'exemple de l'oreille interne de Tabun C1 et Kebara 1 au Levant sud* In : *Les sciences archéologiques à l'ère du virtuel* [en ligne]. Paris : Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 2023 (généré le 08 septembre 2023).

Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/cths/16788>>. ISBN : 9782735509270. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.cths.16788>.

---

Ce document a été généré automatiquement le 8 septembre 2023.

---

# Imagerie 3D et analyse phylogénétique : l'exemple de l'oreille interne de Tabun C1 et Kebara 1 au Levant sud

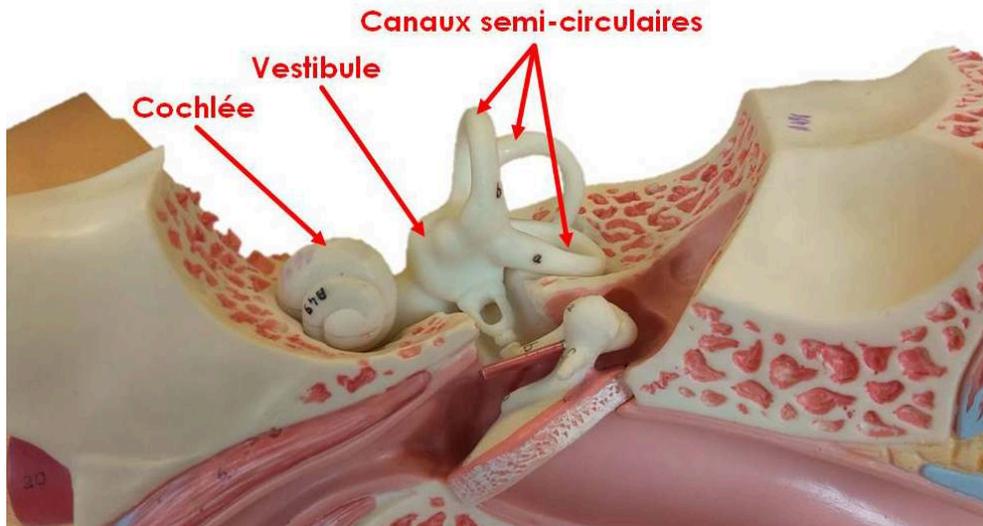
*3D Imaging and Phylogenetic Analysis: the Inner Ear of Tabun C1 and Kebara 1, Southwestern Asia*

**Dany Coutinho-Nogueira, Anne-Marie Tillier, Frédéric Santos et Hélène Coqueugniot**

---

- 1 Le Levant est un carrefour géographique entre l'Afrique, l'Europe et l'Asie. De nombreux fossiles humains ont été découverts dans cette région et sont datés du Paléolithique moyen (environ 250-50 ka avant le présent). Ces fossiles présentent une diversité morphologique qui interroge quant à leur attribution taxinomique<sup>1</sup>.
- 2 Le labyrinthe osseux est une structure contenue dans la partie pétreuse de l'os temporal. Il abrite les organes de l'audition et de l'équilibre. Il se compose de trois parties, la cochlée, le vestibule et les trois canaux semi-circulaires (fig. 1). Plusieurs études proposent d'utiliser les caractères morphométriques du labyrinthe osseux et notamment ceux des canaux circulaires afin de distinguer les néandertaliens des humains modernes<sup>2</sup>. Par ailleurs, le labyrinthe osseux atteint sa taille adulte avant la naissance<sup>3</sup>, ce qui permet de réaliser des comparaisons entre adultes et individus immatures.

Fig. 1. – Réplique des organes de l'audition et de l'équilibre, avec le labyrinthe osseux.



© Dany Coutinho Nogueira.

- 3 Cette étude se propose d'analyser l'attribution taxinomique des fossiles du Levant, et en particulier ceux de Tabun C1 et de Kebara 1, à partir de l'étude morphométrique par imagerie 3D de leurs labyrinthes osseux.

## Matériel

- 4 Les sites archéologiques de Tabun et de Kebara sont tous deux localisés sur le versant occidental du mont Carmel, au sud de la ville actuelle de Haïfa, à quelques dizaines de kilomètres l'un de l'autre. Le site de Tabun a fait l'objet d'une première série de campagnes de fouilles entre 1929 et 1934, conduites par une équipe interdisciplinaire dirigée par la préhistorienne anglaise Dorothy Garrod<sup>4</sup>. Si des fouilles plus récentes ont été menées dans les années 1980 par Avraham Ronen et Arthur Jelinek, seules les plus anciennes ont permis la mise au jour de restes humains dans les niveaux moustériens, parmi lesquels se trouve le plus complet, le squelette d'un adulte dénommé Tabun C1<sup>5</sup>. La position de la sépulture dans la séquence stratigraphique, entre les couches B et C, a été discutée par Dorothy Garrod dès sa découverte en 1932 et par la suite<sup>6</sup>. Quelle que soit la couche, une datation directe du squelette a donné un âge de  $122 \pm 5$  ka<sup>7</sup>.
- 5 Le squelette de Tabun C1 est souvent rattaché à la lignée néandertalienne<sup>8</sup>. Cependant certains de ses caractères anatomiques font discuter cette affiliation phylogénétique. La morphologie générale du fossile, déjà mentionnée par D. Garrod dans son premier rapport, puis évoquée par Theodore McCown et Arthur Keith dans leur monographie sur les fossiles humains du mont Carmel<sup>9</sup>, le distingue de celle des néandertaliens européens<sup>10</sup>. Ainsi la tête osseuse (fig. 2), bien que montrant des caractères primitifs, ne présente pas plusieurs des caractères définissant la morphologie néandertalienne (tel le chignon occipital), tandis que d'autres, également distinctifs, ne peuvent être observés faute de support osseux. C'est notamment le cas de la partie moyenne de la face<sup>11</sup>. Le squelette infracrânien, quant à lui, s'avère unique à plusieurs titres<sup>12</sup>. Ainsi en est-il des traits particuliers relevés sur les os du bassin, dont l'interprétation dépasse le cadre d'un simple dimorphisme sexuel<sup>13</sup>.

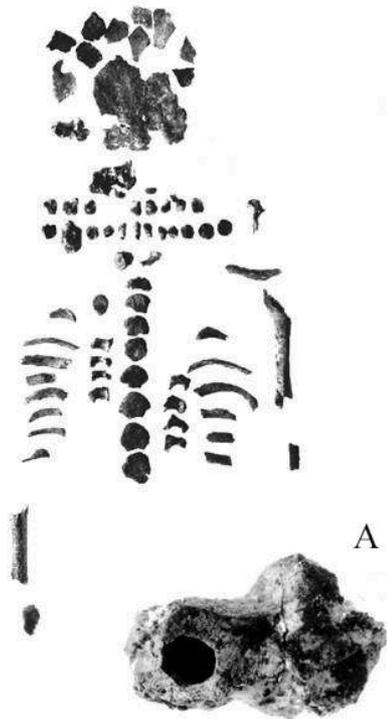
Fig. 2. – Crâne de Tabun C1 (site de Tabun, Nahal Me'arot, Israël) en vue fronto-latérale.



© Anne-Marie Tillier.

- 6 À Kebara, la majorité des restes humains trouvés lors de campagnes de fouilles qui se sont déroulées de 1951 à 1965, puis de 1982 à 1989, proviennent des unités moustériennes IX à XII de la séquence stratigraphique<sup>14</sup>. Si le nombre minimal d'individus est plus élevé (NMI = 23) qu'à Tabun, l'état de conservation est très variable<sup>15</sup>. Parmi les restes les mieux représentés se placent ceux d'un très jeune enfant (Kebara 1, fig. 3) et ceux d'un adulte sans crâne (Kebara 2). L'enfant provient de l'unité X, qui est datée de  $61\,600 \pm 3\,600$  ans BP<sup>16</sup>. La méthode de résonance paramagnétique électronique (RPE) a confirmé une occupation pendant le stade oxygène isotopique 3<sup>17</sup>, plus récente de quelques dizaines de millénaires que celle de Tabun. Kebara 1, dont l'âge au décès peut être situé autour de 7-9 mois, est représenté par des éléments crâniens, dentaires et infracrâniens. Leur étude ne permet pas de les exclure de la variabilité actuelle<sup>18</sup>, même si une affiliation néandertalienne, une fois encore, est souvent privilégiée par une majorité d'auteurs pour l'échantillon représenté à Kebara.

Fig. 3. – Squelette de Kebara 1 (grotte de Kebara, mont Carmel, Israël).



A : agrandissement de l'os pétreux.

© Anne-Marie Tillier.

- 7 Dans les scénarios de peuplement du Levant méditerranéen au Paléolithique moyen, il semble plus difficile à la communauté scientifique de se dégager d'une influence « européenne » que dans l'analyse du peuplement au nord de l'Afrique. Ainsi, les tenants d'une présence néandertalienne au Levant prennent en compte, outre les fossiles de Tabun et Kebara, ceux de la grotte d'Amud, en basse Galilée<sup>19</sup>, et de Dederiyeh, en Syrie<sup>20</sup>. Des auteurs s'entendent cependant pour reconnaître chez ces néandertaliens orientaux des « particularismes » par rapport aux représentants de la lignée européenne, des traits qualifiés tantôt de progressifs<sup>21</sup>, tantôt de moins spécialisés<sup>22</sup>, ou bien encore révélant une influence autre, à cerner<sup>23</sup>.
- 8 La partie pétreuse de l'os temporal présente au niveau du labyrinthe osseux des caractères permettant de discuter l'attribution taxinomique. Le labyrinthe n'évoluant plus après la naissance<sup>24</sup>, l'analyse conjointe de Tabun C1 et Kebara 1 permet de situer les deux fossiles l'un par rapport à l'autre. En outre, la comparaison entre individus de toutes classes d'âge autorise l'inclusion d'un vaste échantillon de comparaison dans l'analyse (tabl. 1), regroupant des néandertaliens européens dits « classiques » et les fossiles moustériens du Proche-Orient. Parmi ces derniers, outre les fossiles déjà mentionnés, se trouvent ceux provenant des sites de Skhul, sur le mont Carmel, et de Qafzeh, en basse Galilée. Un consensus général plaide en faveur du positionnement des fossiles de Skhul et Qafzeh dans la lignée des fossiles anatomiquement modernes<sup>25</sup>, tout en reconnaissant au sein du groupe ainsi constitué une variation individuelle qui ne peut être occultée. Les datations absolues situent les fossiles de Skhul (entre 110 et 130 ka<sup>26</sup>) et de Qafzeh ( $92 \pm 5$  ka<sup>27</sup>) à une période plus ancienne que celle des artisans

moustériens de Kebara et Amud<sup>28</sup>, se rapprochant ainsi de celle proposée pour le squelette de Tabun C1.

- 9 Dans ce contexte, une meilleure évaluation des composantes régionales peut contribuer au développement d'une approche plus cohérente de la diversité biologique des populations ayant occupé le Levant méditerranéen durant plusieurs dizaines de millénaires au Paléolithique moyen, dans une zone constituant un carrefour d'influences entre Afrique, Europe et Asie du sud-est<sup>29</sup>.
- 10 Le matériel d'étude est présenté dans le tableau 1.

Tabl. 1. – Composition des échantillons fossiles de comparaison étudiés et sources bibliographiques (les données en capitales proviennent de la présente étude).

Période et région	Individus	Sources bibliographiques
Paléolithique moyen, sud-ouest de l'Asie	<b>AMUD 1 et 7 ; DEREDIYEH 1 ; KEBARA 1 ; QAFZEH 9 et 25 ;</b> Qafzeh 3, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 21 et 25 ; Skhul 1 et 5 ; Tabun C1	Spoor <i>et al.</i> 2002a ; Spoor <i>et al.</i> 2003 ; Coutinho-Nogueira <i>et al.</i> 2021 et 2023 (présente étude) ; Crevecoeur <i>et al.</i> , à paraître
Paléolithique moyen, Europe	Gibraltar 1 et 2 ; Krapina 38.1, 38.12, 38.13, 39.1, 39.13, 39.18, 39.20, 39.40, 39.8 ; La Chapelle-aux-Saints ; la Ferrassie 1, 2, 3 et 8 ; Le Moustier 1 ; La Quina 5 et H27 ; Pech de l'Azé ; Petit Puy-moyen 5 ; Spy 1 et 2	Spoor <i>et al.</i> 2003 ; Hill <i>et al.</i> 2014 ; Gómez-Olivencia <i>et al.</i> 2015
Paléolithique moyen, nord-est de l'Asie	Hexian 1 ; Lantian 1 ; Liujiang 1 ; Obi Rakhmat 1 ; Xuchang 1 et 2 ; Xujiayao 15	Glantz <i>et al.</i> 2008 ; Wu <i>et al.</i> 2014 ; Li <i>et al.</i> 2017
Paléolithique supérieur, Europe	Arcy-sur-Cure ; abri Pataud 1 et 3 ; Cioclovina ; Cro-Magnon 1 ; Lagar Velho ; Laugerie basse 1 ; Muierii 2	Hublin <i>et al.</i> 1996 ; Spoor <i>et al.</i> 2002b ; Ponce de León et Zollikofer 2010 ; Uhl <i>et al.</i> 2016
Paléolithique moyen, Afrique	<b>DAR-ES-SOLTANE II H5</b>	Coutinho-Nogueira <i>et al.</i> 2023 (présente étude)
Early Late Stone Age	Nazlet Khater 2	Bouchneb et Crevecoeur 2009
Pléistocène moyen, Europe	Abri Suard ; Aroeira 3 ; Atapuerca SH 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17 et AT-1907 ; Biache-Saint-Vaast 2 ; Reilingen ; Steinheim	Spoor <i>et al.</i> 2003 ; Guipert <i>et al.</i> 2011 ; Quam <i>et al.</i> 2016 ; Conde-Valverde <i>et al.</i> 2018
Pléistocène moyen, Asie et Afrique	Daka ; OH9 ; Sangiran 2 et 4	Spoor 1993 ; Gilbert <i>et al.</i> 2008

## Méthodes

- 11 L'analyse des coupes CT-scan et la reconstruction 3D des labyrinthes osseux ont été réalisées à partir du logiciel TIVMI®<sup>30</sup>. Les mesures ont été effectuées selon la méthode publiée par Spoor en 1993<sup>31</sup> et Spoor et Zonneveld en 1995<sup>32</sup>.
- 12 Nous avons sélectionné les dimensions et les indices les plus fréquemment utilisés dans la littérature (tabl. 2), qui comprennent des données de toutes les régions du labyrinthe osseux.

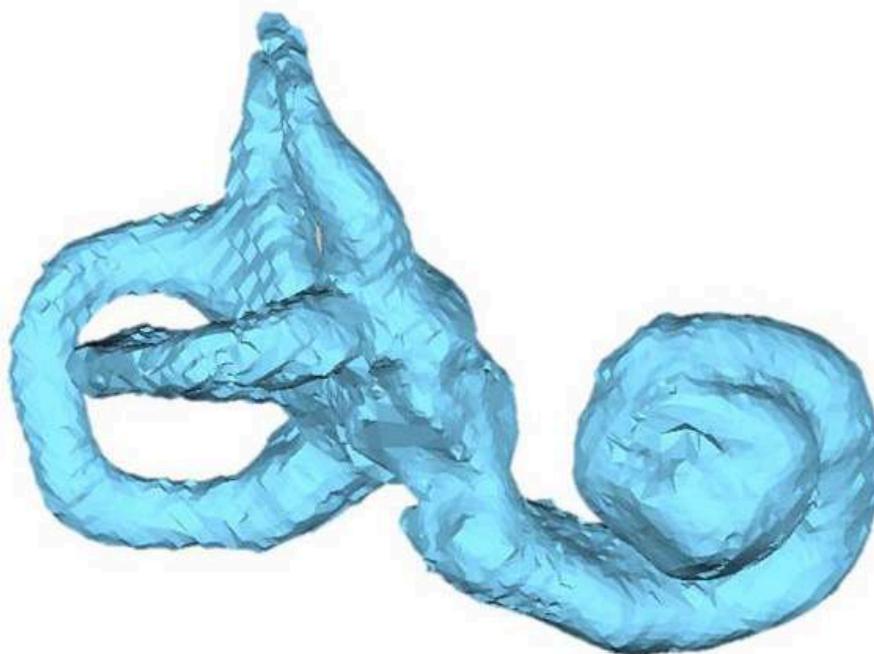
Tabl. 2. – Définition des dimensions linéaires et des indices qui en découlent.

Dimensions linéaires	
ASCh	Hauteur du canal semi-circulaire antérieur
ASCw	Largeur du canal semi-circulaire antérieur
LSCCh	Hauteur du canal semi-circulaire latéral
LSCw	Largeur du canal semi-circulaire latéral
PSCCh	Hauteur du canal semi-circulaire postérieur
PSCw	Largeur du canal semi-circulaire postérieur
COh	Hauteur de la cochlée
COW	Largeur de la cochlée
Et leurs indices	
h / w	Index de forme (hauteur / largeur x 100)
R	Rayon de courbure ( $R = 0,5 \times [\text{hauteur} + \text{largeur}] / 2$ ) ex. PSC-R = $0,5 \times [\text{PSCCh} + \text{PSCw}] / 2$
SLI	Index sagittal SLI / $(\text{SLIs} + \text{SLI}) \times 100$ , indique la position relative du canal postérieur

Extrait de Spoor et Zonneveld 1995 et de Spoor *et al.* 2003.

- 13 Les données de Tabun C1 proviennent de Spoor *et al.* 2003<sup>33</sup>. Nous avons pu réaliser l'étude du labyrinthe osseux de Kebara 1 à partir de CT scans (hauteur des voxels 0,175 mm ; largeur 0,175 mm ; épaisseur entre deux coupes 0,175 mm ; fig. 4).

Fig. 4. – Reconstruction 3D du labyrinthe osseux droit de Kebara 1.



© Dany Coutinho Nogueira.

- 14 Nous avons réalisé des analyses statistiques dans le but de mieux comprendre la diversité biologique potentielle apportée par les hominins de Qafzeh et plus généralement la variation entre les fossiles du Levant et les autres groupes humains.
- 15 Des analyses en composantes principales (ACP) ont été effectuées afin de mettre en évidence les relations possibles entre les individus et / ou les groupes en utilisant le package FactoMineR 2.1<sup>34</sup>.

## Résultats

- 16 Les données sur les labyrinthes osseux de Kebara 1 et Tabun C1 sont compilées dans le tableau 3.

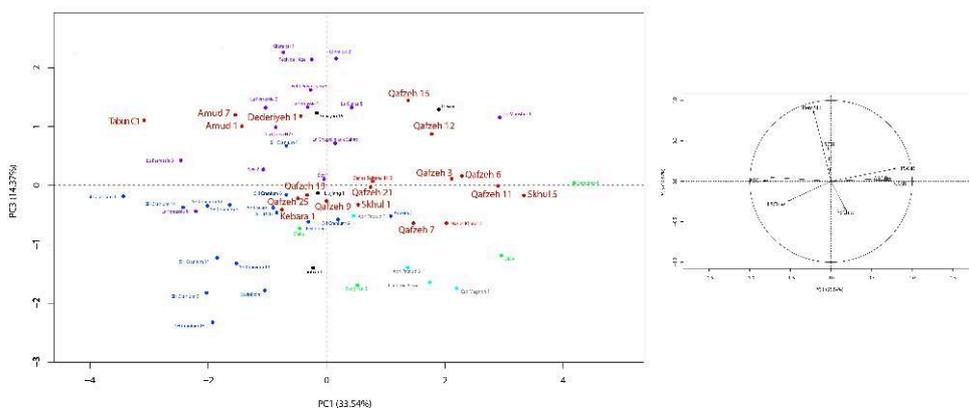
Tabl. 3. – Données métriques et indices du labyrinthe osseux de Kebara 1 et Tabun C1.

SPÉCIMEN	KEBARA 1	TABUN C1
CÔTÉ	Droit	Gauche
ASC-R	2,85	2,70
ASCh / w	94,08	102
PSC-R	2,62	2,50
PSC h / w	113,01	98
LSC-R	2,36	2,40

LSC h / w	91,56	84
SLI (%)	60,40	69
CO-R	2,43	2,00

- 17 L'analyse variable par variable met en évidence pour Kebara 1 et Tabun C1 une valeur élevée pour l'index sagittal SLI, ce qui les rapproche des valeurs observées chez les néandertaliens européens. Cependant, les deux fossiles possèdent également une valeur faible pour le LSC-R, un caractère que l'on retrouve chez les populations modernes. De plus, Tabun C1 possède également des valeurs faibles pour LSC h / w, ce qui correspond à un caractère plésiomorphe ; il possède également une valeur faible pour ASC-R, caractère que l'on ne retrouve chez aucun groupe en particulier.
- 18 L'analyse en composante principale (fig. 5) met en avant un positionnement particulier de ces fossiles. Pour cette analyse, nous avons retenu les dimensions 1 et 3 permettant une meilleure séparation des groupes ; la variance totale retenue est de 47,91 %. La composante principale 3 est influencée par l'indice SLI et, dans une moindre mesure, par le radius du canal latéral (LSC.R) et l'indice de forme du canal postérieur (PSCh / w), tandis que la composante principale 1 est influencée par les autres variables. Les Hommes anatomiquement modernes de Qafzeh et Skhul sont séparés des néandertaliens européens, principalement par la composante principale 1.

Fig. 5. – Analyse en composante principale du labyrinthe osseux de notre corpus avec la répartition graphique des individus et le cercle de corrélation.



© Frédéric Santos et Dany Coutinho Nogueira.

- 19 Tabun C1 occupe une position marginale dans le cadran supérieur gauche de l'ACP. Il se distingue des autres fossiles principalement sur la composante principale 1. Cette position peut en partie s'expliquer par un radius du canal antérieur faible (ASC-R) et un indice de forme de ce même canal élevé (ASC h / w).
- 20 Kebara 1, en revanche, occupe une position centrale dans le graphe, à proximité des fossiles de Qafzeh (Q9, 13 et 25). Il se positionne légèrement hors de la variation néandertalienne et à proximité des fossiles du Pléistocène moyen européen, parfois dénommés préneandertaliens. Néanmoins, la proximité de Kebara 1 avec les fossiles de Qafzeh et ceux de La Sima de los Huesos (Espagne) ne peut s'expliquer par une morphologie similaire de leurs labyrinthes osseux. En effet, une comparaison variable

par variable montre que Kebara 1 possède une mosaïque de caractères uniques que l'on ne retrouve ni sur les fossiles de Qafzeh, ni sur les fossiles de La Sima de los Huesos.

## Discussion

- 21 L'analyse en composante principale met en évidence un positionnement particulier de deux individus levantins (Tabun C1 et Kebara 1), ce qui soulève des questions sur leur attribution taxinomique. En effet, Tabun C1, fossile considéré par de nombreux auteurs comme un représentant néandertalien du Levant, se distingue à la fois des fossiles levantins et des Néandertaliens européens. Tabun C1 présente une mosaïque de caractéristiques : néandertaliennes (SLI élevé, PSC-R faible), modernes (LSC-R faible), plésiomorphes (LSCh / w faible), et une caractéristique que l'on ne retrouve dans aucun groupe (ASC-R faible). Cette mosaïque de caractères uniques en fait un spécimen difficile à situer. Ces observations sont en accord avec celles d'études antérieures, qui ont déjà exprimé des incertitudes sur l'identification taxinomique néandertalienne de ce fossile<sup>35</sup>.
- 22 Kebara 1 apparaît à la limite de trois groupes sur l'analyse en composante principale : les néandertaliens, les préneandertaliens et les spécimens de Qafzeh. Cela peut s'expliquer par un mélange de traits morphologiques de type néandertalien, telle la position basse du canal postérieur (SLI élevé), et des caractéristiques de type moderne, représentées par une petite taille du canal latéral (LSC-R faible). Paradoxalement, cette combinaison de caractères rapproche ce fossile des individus de La Sima de los Huesos, en dépit d'une mosaïque inverse pour ces derniers (SLI faible, LSC-R élevé). Là encore, ces observations semblent renforcer les études précédentes documentant une mosaïque de caractères dans l'échantillon anthropologiques de Kebara<sup>36</sup>.

## Conclusion

- 23 Au Levant méditerranéen, la période du Paléolithique moyen illustre la présence de groupes humains qui se distinguent par une mosaïque unique de caractères morphométriques. Les fossiles mis au jour à Tabun et à Kebara contribuent, depuis leur découverte respective, au débat sur la diversité des groupes humains représentés. Notre étude du labyrinthe osseux des deux fossiles par imagerie 3D apporte de nouveaux éléments au débat. Le labyrinthe osseux de Kebara 1 associe des caractères décrits chez les néandertaliens (telle la position basse du canal postérieur) et d'autres, qualifiés de modernes (telle la petite taille du canal latéral). La position de Tabun C1 est plus complexe : aux côtés des deux caractères précédemment cités qui le rapprochent de Kebara 1, le fossile présente un caractère unique correspondant à une valeur basse des rayons des trois canaux, qui le marginalise par rapport à tous les fossiles du Levant méditerranéen. Ces nouveaux éléments renforcent la notion de diversité des peuplements humains du Pléistocène moyen au Levant, dans cette région de carrefour géographique.
- 24 Depuis la soumission de cet article, Israel Hershkovitz *et al.*<sup>37</sup> ont proposé de placer Tabun C1 dans un nouveau groupe avec les fossiles découverts à Qesem, Zuttiyeh et Neshar Ramla, en Israël. En l'absence de labyrinthes osseux provenant de ces derniers fossiles, il n'est pas possible de tester cette hypothèse sur la base de la morphologie de

l'oreille interne. Néanmoins, cette nouvelle étude renforce l'idée, en accord avec d'autres publications citées plus haut dans le texte, d'un processus de peuplement plus complexe au Levant que celui binaire souvent retenu, une hypothèse que nos propres résultats confortent.

---

## BIBLIOGRAPHIE

Akazawa T. et Muhesen S. (dir.), 2002, *Neanderthal Burials: Excavations of the Dederiyeh Cave, Afrin, Syria*, Auckland, KW Publications.

Arensburg B. et Belfer-Cohen A., 1998, « Sapiens and Neandertals: Rethinking the Levantine Middle Paleolithic Hominins », dans Akazawa T., Aoki K., Bar-Yosef O. (dir.), *Neandertals and Modern Humans in Western Asia*, New York / Londres, Plenum Press, p. 311-322.

Arensburg B. et Tillier A.-M., 2019, « What Can We Learn from the Kebara Hominins? » dans Meignen L. et Bar-Yosef O. (dir.), *Kebara Cave, Mt Carmel, Israel. The Middle and Upper Paleolithic Archaeology*, vol. 2, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University Press (American School of Prehistoric Research Bulletin, 51), p. 285-308.

Bar-Yosef O., 2000, « The Middle and Early Upper Paleolithic in Southwest Asia and Neighboring », dans Bar-Yosef O. et Pilbeam D. (dir.), *The Geography of Neandertals and Modern Humans in Europe and the Greater Mediterranean*, Harvard University Press (Peabody Museum Bulletin, 8), p. 107-156.

Bar-Yosef O. et Callender J., 1999, « The Woman from Tabun: Garrod's Doubts in Historical Perspective », *Journal of Human Evolution*, vol. 37, p. 879-889.

Bar-Yosef O., Vandermeersch B., Arensburg B., Belfer-Cohen A., Goldberg P., Laville H., Meignen L., Rak Y., Speth J. D., Tchernov E., Tillier A.-M., Weiner S., 1992, « The Excavations in Kebara Cave, Mount Carmel », *Current Anthropology*, vol. 33, n° 5, p. 497-550.

Bouchneb L. et Crevecoeur I., 2009, « The Inner Ear of Nazlet Khater 2 (Upper Paleolithic, Egypt) », *Journal of Human Evolution*, vol. 56, p. 257-262.

Conde-Valverde M., Quam R., Martínez I., Arsuaga J.-L., Daura J., Sanz M., Zilhão J., 2018, « The Bony Labyrinth in the Aroeira 3 Middle Pleistocene Cranium », *Journal of Human Evolution*, vol. 124, p. 105-116.

Condemi S., 2003, « Une origine européenne pour les néandertaliens du Proche-Orient ? L'apport des nouvelles données chronologiques », dans Vandermeersch B. (dir.), *Échanges et diffusion dans la Préhistoire méditerranéenne*, Paris, Éditions du CTHS, p. 147-156.

Coutinho-Nogueira D., Coqueugniot H., Santos F., Tillier A.-M., 2021, « The Bony Labyrinth of Qafzeh 25 Homo Sapiens from Israel », *Archaeological and Anthropological Science*, vol. 13, article n° 151, 14 p.

Coutinho-Nogueira D., Tillier A.-M., Santos F., Coqueugniot H., 2023, « Imagerie 3D et analyse phylogénétique : l'exemple de l'oreille interne de Tabun C1 et Kebara 1 au Levant sud », dans Coqueugniot H., Dutour O., Jaubert J., Paillet P. (dir.), *Les sciences archéologiques à l'ère du virtuel*, Paris, Éditions du CTHS.

- Crevecoeur I., Thibeault A., Bouchneb L., Matu M., Maureille B., Ribot I., Grine F. E., à paraître, « The Hofmeyr Bony Labyrinth: Morphological Description and Affinity », dans Grine F. E. (dir.), *The Hofmeyr Skull*, Springer.
- Dutailly B., Coqueugniot H., Desbarats P., Gueorguieva S., Synave R., 2009, « 3D Surface Reconstruction Using HMH Algorithm », *2009 16th IEEE International Conference on Image Processing*, actes de congrès (16, Le Caire, 2009), IEEE, p. 2505-2508.
- Garrod D. A. E. et Bate D. M., 1937, *The Stone Age of Mount Carmel*, vol. 1, Oxford, Clarendon University Press.
- Gilbert W., Holloway R., Kubo D., Kono R., Suwa G., 2008, « Tomographic Analysis of the Daka Calvaria », dans Gilbert W. et Asfaw B. (dir.), *Homo Erectus: Pleistocene Evidence from the Middle Awash, Ethiopia*, Berkeley, University of California Press, p. 329-348.
- Glantz M., Viola B., Wrinn P., Chikisheva T., Derevianko A., Krivoshepa A., Islamov U., Suleimanov R., Ritzmann T., 2008, « New Hominin Remains from Uzbekistan », *Journal of Human Evolution*, vol. 55, p. 223-237.
- Gómez-Olivencia A., Crevecoeur I., Balzeau A., 2015, « La Ferrassie 8 Neandertal Child Reloaded: New Remains and Re-Assessment of the Original Collection », *Journal of Human Evolution*, vol. 82, p. 107-126.
- Guipert G., Lumley (de) M. A., Tuffreau A., Mafart B., 2011, « A Late Middle Pleistocene Hominid: Biache-Saint-Vaast 2, North France », *Comptes rendus Palevol*, vol. 10, p. 21-33.
- Grun R. et Stringer C. B., 2000, « Tabun Revisited : Revised ESR Chronology and New ESR and U-Series Analyses of Dental Material from Tabun C1 », *Journal of Human Evolution*, vol. 39, p. 601-612.
- Grun R. et Stringer C. B., 2005, « U-Series and ESR Analyses of Bones and Teeth Relating to the Human Burials from Skhul », *Journal of Human Evolution*, vol. 49, p. 316-334.
- Hershkovitz I., May H., Sarig R., Pokhojaev A., Grimaud-Hervé D., Bruner E., Fornai C., Quam R., Arsuaga J. L., Krenn V. A., Martín-Torres M., Bermúdez de Castro J. M., Martín-Francés L., Slon V., Albessard-Ball L., Vialet A., Schöler T., Manzi G., Profico A., Di Vincenzo F., Weber G. W., Zaidner Y., 2021, « A Middle Pleistocene Homo from Neshar Ramla, Israel », *Science*, vol. 372, p. 1424-1428.
- Hill C. A., Radovčić J., Frayer D. W., 2014, « Brief communication: investigation of the semicircular canal variation in the Krapina Neandertals », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 154, p. 302-330.
- Hovers E., Rak Y., Lavi R., Kimbel W. H., 1995, « Hominid Remains from Amud Cave in the Context of the Levantine Middle Palaeolithic », *Paléorient*, vol. 21, n° 2, p. 47-62.
- Howell F. C., 1958, « Upper Pleistocene Men of Southwestern Asian Mousterian », dans Heinrich G. et Koenigswald R. (dir.), *Hundert Jahre Neanderthaler, Neanderthal Centenary 1856-1956*, Köln, Böhlau Verlag, p. 185-198.
- Hublin J.-J., Spoor F., Braun M., Zonneveld F., Condemi S., 1996, « A Late Neanderthal Associated with Upper Paleolithic Artefacts », *Nature*, vol. 381, p. 224-226.
- Jelinek A., 1992, « Problems in the Chronology of the Middle Paleolithic and the First Appearance of Early Modern Homo Sapiens in Southwest Asia », dans Akazawa T., Aoki K., Kimura T. (dir.), *The Evolution and Dispersal of Modern Humans in Asia*, Tokyo, Hokusensha, p. 253-275.
- Lê S., Josse J., Husson F., 2008, « FactoMineR: an R Package for Multivariate Analysis », *Journal of Statistical Software*, vol. 25, n° 1, p. 1-8.

- Li Z.-Y., Wu X.-J., Zhou L.-P., Liu W., Gao X., Nian X.-M., Trinkaus E., 2017, « Late Pleistocene Archaic Human Crania from Xuchang, China », *Science*, vol. 355, p. 969-972.
- Mann A. E., 1995, « Modern Human Origins: Evidence from the Near East », *Paléorient*, vol. 21, n° 2, p. 35-46.
- McCown T. D. et Keith A., 1939, *The Stone Age of Mount Carmel*, vol. 2, Oxford, Clarendon University Press.
- Mercier N., Valladas H., Bar-Yosef O., Vandermeersch B., Joron J.-L., 1993, « Thermoluminescence Date for the Mousterian Burial Site of Es-Skhul, Mt Carmel », *Journal of Archaeological Science*, vol. 20, p. 169-174.
- Ponce De León M. et Zollikofer C., 2010, « The Labyrinthine Morphology », dans Doboş A., Soficaru A., Trinkaus E. (dir.), *The Prehistory and Paleontology of the Peștera Muierii. Romania*, Liège, université de Liège (Études et recherches en archéologie), p. 96-97.
- Quam R., Lorenzo C., Martínez I., Gracia-Téllez A., Arsuaga J. L., 2016, « The Bony Labyrinth of the Middle Pleistocene Sima de los Huesos Hominins (Sierra de Atapuerca, Spain) », *Journal of Human Evolution*, vol. 90, p. 1-15.
- Rak Y., 1998, « Does Any Mousterian Cave Present Evidence of Two Hominin Species? », dans Akazawa T., Aoki K., Bar-Yosef O. (dir.), *Neandertals and Modern Humans in Western Asia*, New York / Londres, Plenum Press, p. 353-366.
- Rink W. J., Schwarcz H., Lee H. K., Rees-Jones J., Rabinovich R., Hovers E., 2001, « Electron Spin Resonance (ESR) and Thermal Ionization Mass Spectrometric (TIMS)  $^{230}\text{Th}$  /  $^{234}\text{U}$  Dating of Teeth in Middle Paleolithic Layers at Amud Cave, Israel », *Geoarchaeology*, vol. 16, p. 701-717.
- Ronen A., 1982, *The Transition from Lower to Middle Palaeolithic and the Origin of Modern Man*, Oxford, Archaeopress (BAR International Series, 151).
- Smith P. et Arensburg B., 1977, « A Mousterian Skeleton from Kebara Cave », dans Arensburg B. et Bar-Yosef O. (dir.), *Moshe Stekelis Memorial Volume*, Jerusalem, Israel Exploration Society, p. 164-176.
- Smith P. et Tillier A.-M., 1989, « Additional Infant Remains from the Mousterian Strata, Kebara Cave (Israel) », dans Bar-Yosef O. et Vandermeersch B. (dir.), *Investigations in South Levantine Prehistory*, Oxford, Archaeopress (BAR International Series, 497), p. 323-336.
- Spoor F., 1993, « The Comparative Morphology and Phylogeny of the Human Bony Labyrinth », thèse, Universiteit Utrecht.
- Spoor F. et Zonneveld F., 1995, « Morphometry of the Primate Bony Labyrinth: a New Method Based on High-Resolution Computed Tomography », *Journal of Anatomy*, vol. 186, p. 271-286.
- Spoor F., Hublin J.-J., Kondo O., 2002a, « The Bony Labyrinth of the Dederiyeh Child », dans Akazawa T. et Muhesen S. (dir.) *Neanderthal burials: Excavation of the Dederiyeh Cave, Afrin, Syria*, Tokyo, Tokyo University Press, p. 215-220.
- Spoor F., Esteves F., Tecelão Silva F., Pacheco Dias R., 2002b, « The Bony Labyrinth of Lagar Velho 1 », dans Zilhão J. et Trinkaus E. (dir.), *Portrait of the Artist as a Child: the Gravettian Human Skeleton from the Abrigo do Lagar Velho and its Archaeological Context*, Lisbonne, Instituto Português de Arqueologia (Trabalhos de arqueologia, 22), p. 287-292.
- Spoor F., Hublin J., Braun M., Zonneveld F., 2003, « The Bony Labyrinth of Neanderthals », *Journal of Human Evolution*, vol. 44, p. 141-165.

- Schwarcz H., Grün R., Vandermeersch B., Bar-Yosef O., Valladas H., Tchernov E., 1988, « ESR Dates for the Hominid Burial Site of Qafzeh in Israel », *Journal of Human Evolution*, vol. 17, p. 733-737.
- Suzuki H. et Takai F. (dir.), 1970, *The Amud Man and his Cave Site*, Tokyo, Academic Press of Japan.
- Tillier A.-M., 1999, *Les enfants moustériens de Qafzeh : interprétations phylogénétique et paléoauxologique*, Paris, CNRS éditions (Cahiers de paléanthropologie).
- Tillier A.-M., 2005, « The Tabun C1 Skeleton: a Levantine Neanderthal? », dans Kaufman D. et Evron-Weinstein M. (dir.), *The Prehistory of the Eastern Mediterranean: Studies Presented to Professor A. Ronen*, Jerusalem, Israel Exploration Society (Journal of the Israel Exploration Society, 35), p. 439-450.
- Tillier A.-M. et Arensburg B., 2017, « Le Levant méditerranéen et les nomades moustériens : un territoire de confluence », *Bulletins et mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, vol. 29, p. 195-201.
- Tillier A.-M., Arensburg B., Duda H., 1989, « La mandibule et les dents du néandertalien de Kebara (Homo 2), mont Carmel, Israël », *Paléorient*, vol. 15, n° 2, p. 39-58.
- Tillier A.-M., Arensburg B., Vandermeersch B., Chech M., 2003, « New Human Remains from Kebara Cave (Mount Carmel): the Place of the Kebara Hominins in the Levantine Mousterian Fossil Record », *Paléorient*, vol. 29, n° 2, p. 35-62.
- Tillier A.-M., Arensburg B., Bruzek J., 2008, « Identité biologique des artisans moustériens de Kebara (Mount Carmel, Israël) : réflexions sur le concept de néandertalien au Levant méditerranéen », *Bulletins et mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, vol. 20, n° 1-2, p. 33-58.
- Uhl A., Reyes-Centeno H., Grigorescu D., Kranioti E. F., Harvati K., 2016, « Inner Ear Morphology of the Cioclovina Early Modern European Calvaria from Romania », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 160, p. 62-70.
- Valladas H., Joron J.-L., Valladas G., Arensburg B., Bar-Yosef O., Belfer-Cohen A., Goldberg P., Laville H., Meignen L., Rak Y., Tchernov E., Tillier A.-M., Vandermeersch B., 1987, « Thermoluminescence Dates for the Neanderthal Burial Site at Kebara, Israel », *Nature*, vol. 330, p. 159-160.
- Valladas H., Reyss J.-L., Joron J.-L., Valladas G., Bar-Yosef O., Vandermeersch B., 1988, « Thermoluminescence Dating of Mousterian "Proto-Cro-Magnon" Remains from Israel and the Origin of Modern Man », *Nature*, vol. 331, p. 614-616.
- Vandermeersch B., 1981, *Les hommes fossiles de Qafzeh (Israël)*, Paris, CNRS éditions (Cahiers de paléanthropologie).
- Wu X. J., Crevecoeur I., Liu W., Xing S., Trinkaus E., 2014, « Temporal Labyrinths of Eastern Eurasian Pleistocene Humans », *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 111, p. 10509-10513.

## NOTES

1. Mann 1995 ; Arensburg et Belfer-Cohen 1998 ; Tillier *et al.* 2003 et 2008 ; Tillier et Arensburg 2017.
2. Spoor 1993 ; Spoor et Zonneveld 1995 ; Hublin *et al.* 1996.
3. Spoor 1993.

4. Garrod et Bate 1937.
5. McCown et Keith 1939.
6. Garrod et Bate 1937 ; Ronen 1982 ; Jelinek 1992 ; Bar-Yosef et Callander 1999.
7. Grün et Stringer 2000.
8. McCown et Keith 1939 ; Vandermeersch 1981 ; Tillier *et al.* 1989 ; Rak 1998 ; Condemi 2003.
9. McCown et Keith 1939.
10. Mann 1995 ; Arensburg et Belfer-Cohen 1998 ; Tillier 2005 ; Tillier *et al.* 2008.
11. Tillier 2005.
12. Garrod et Bate 1937 ; Mann 1995 ; Arensburg et Belfer-Cohen 1998 ; Tillier 2005.
13. Tillier 2005 ; Tillier *et al.* 2008.
14. Bar-Yosef *et al.* 1992.
15. Smith et Arensburg 1977 ; Smith et Tillier 1989 ; Tillier *et al.* 2003 ; Tillier *et al.* 2008 ; Arensburg et Tillier 2019.
16. Valladas *et al.* 1987.
17. Schwarcz *et al.* 1988.
18. Smith et Arensburg 1977 ; Tillier *et al.* 2003.
19. Suzuki et Takai 1970 ; Hovers *et al.* 1995.
20. Akazawa et Muhesen 2002.
21. Suzuki et Takai 1970, p. 425.
22. Vandermeersch 1981, p. 301.
23. McCown et Keith 1939, p. 89, à propos des traits coxaux de Tabun C1.
24. Spoor 1993.
25. Howell 1958 ; Vandermeersch 1981 ; Mann 1995 ; Tillier 1999.
26. Mercier *et al.* 1993 ; Grün et Stringer 2005.
27. Valladas *et al.* 1988.
28. Valladas *et al.* 1987 ; Rink *et al.* 2001.
29. Bar-Yosef 2000.
30. Dutailly *et al.* 2009.
31. Spoor 1993.
32. Spoor et Zonneveld 1995.
33. Spoor *et al.* 2003.
34. Lê *et al.* 2008.
35. Mann 1995 ; Arensburg et Belfer-Cohen 1998 ; Tillier 2005.
36. Mann 1995 ; Arensburg et Belfer-Cohen 1998 ; Tillier *et al.* 2003 et 2008 ; Tillier et Arensburg 2019.
37. Hershkovitz *et al.* 2021.

---

## RÉSUMÉS

De nombreux fossiles humains datant du Paléolithique moyen (entre environ 250 et 50 ka avant le présent) ont été retrouvés au Levant. Illustrant une diversité unique de groupes humains, le peuplement préhistorique du Levant apparaît plus complexe que celui de l'Europe, connue à cette époque comme le territoire des Néandertaliens. Des discussions se poursuivent sur l'attribution phylogénétique de plusieurs fossiles, en particulier ceux mis au jour dans les sites de Tabun et de Kebara (Israël). Deux d'entre eux, un adulte (Tabun C1) et un jeune enfant (Kebara 1) présentent une bonne conservation d'une structure anatomique permettant de discuter de l'attribution de ces fossiles à la lignée néandertalienne : le labyrinthe osseux (oreille interne). Cette étude utilisant l'imagerie 3D révèle la position particulière de ces deux fossiles levantins par rapport au groupe des néandertaliens européens, mais également dans le cas de Tabun C1, par rapport aux autres fossiles moustériens du Proche-Orient.

Numerous human fossils dating from the Middle Paleolithic (between about 250 and 50 ka BP) have been discovered in the Levant. Illustrating a unique diversity of human groups, the prehistoric peopling of the Levant appears more complex than that of Europe, known at that time as the territory of the Neanderthals. Discussions continue on the phylogenetic attribution of several fossils, in particular those discovered at the Tabun and Kebara sites (Israel). Two of them, an adult (Tabun C1) and a young child (Kebara 1) present a good preservation of an anatomical structure allowing to discuss an attribution of these fossils to the Neanderthal lineage: the bony labyrinth (inner ear). This study using 3D imaging reveals the particular position of these two Levantine fossils in relation to the European Neanderthal group, but also in the case of Tabun C1, in relation to other Near Eastern Mousterian fossils.

## INDEX

**Mots-clés :** paléoimagerie, os temporal, labyrinthe osseux, Paléolithique moyen, Moustérien

**Keywords :** paleoimaging, temporal bone, bony labyrinth, Middle Paleolithic, Mousterian

## AUTEURS

### DANY COUTINHO-NOGUEIRA

Laboratoire De la Préhistoire à l'actuel : culture, environnement et anthropologie (PACEA, UMR 5199, université de Bordeaux / CNRS) ; École pratique des hautes études (université Paris sciences et lettres)

### ANNE-MARIE TILLIER

Laboratoire De la Préhistoire à l'actuel : culture, environnement et anthropologie (PACEA, UMR 5199, université de Bordeaux / CNRS)

### FRÉDÉRIC SANTOS

Laboratoire De la Préhistoire à l'actuel : culture, environnement et anthropologie (PACEA, UMR 5199, université de Bordeaux / CNRS)

**HÉLÈNE COQUEUGNIOT**

Laboratoire De la Préhistoire à l'actuel : culture, environnement et anthropologie (PACEA,  
UMR 5199, université de Bordeaux / CNRS) ; École pratique des hautes études (université Paris  
sciences et lettres)